

Histopatologia das brânquias de Tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, provenientes da represa Billings, área de proteção ambiental Bororé-Colônia

Karina Fernandes Oliveira Rezende^{1*}, Rubens Martins Santos², Rodrigo Martins Santos³, João Carlos Borges Shimada⁴, José Roberto Machado Cunha Silva⁵, Carolina Amália de Souza Dantas Muniz⁶

RESUMO - O presente trabalho teve como objetivo evidenciar alterações morfológicas nas brânquias de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da Represa Billings. Foram utilizados dez animais, sendo cinco provenientes da Represa Billings e cinco provenientes dos tanques comerciais da Royal Fish. Prepararam-se lâminas histológicas para análise morfométrica e quantitativa por meio do Índice de Alteração Histológica (I.A.H.). O I.A.H. apresentou diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre os grupos, o que permitiu a conclusão de que os poluentes afetaram histologicamente as brânquias dos animais provenientes da Represa Billings e que esses animais estão parcialmente adaptados ao ambiente.

Palavras-chave: alterações histológicas, biomarcadores, eutrofização, peixes, poluentes

Histopathology of Nile Tilapia gills *Oreochromis niloticus* from Billings Dam in the environmental protection area Bororé-Colônia

ABSTRACT - The aim of this study is to show morphological changes in the gills of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) at Billings Dam. Ten specimens were used, five of which came from the Billings Dam and five from Royal Fish commercial aquaculture tanks. Slides were prepared for morphometric and quantitative analysis of histological sections. There was a significant statistical difference ($p < 0.05$) in the histological alteration index, which led us to conclude that pollutants are affecting Tilapia gills histologically and these animals are partially adapted to the environment.

Keywords: biomarkers, eutrophication, fishes, histological changes, pollutants

¹Instituto de Ciências Biomédicas, Departamento de Biologia Celular e do Desenvolvimento, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. karinaforezende@yahoo.com.br. *Autor para correspondência.

²Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil.

³Ministério do Meio Ambiente - MMA, Brasília, DF, Brasil.

⁴Faculdade de Medicina Veterinária das Faculdades Metropolitanas Unidas, São Paulo, Brasil.

⁵Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

⁶Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil.

INTRODUÇÃO

A Represa Billings ocupa uma área de 582,8 km² de bacia hidrográfica sendo, atualmente, o maior reservatório de água da Região Metropolitana de São Paulo, tendo um espelho d' água de 108 km², correspondendo a 18% da área total (Andrade 2005, Capobianco; Whately 2002). Idealizada em 1927 pelo engenheiro americano Asa Billings, a represa passou a receber, a partir da década de 50, toda a água disponível no Alto Tietê com a reversão por meio do canal do Rio Pinheiros contribuindo com a aceleração da eutrofização e contaminação do reservatório (Matsuzaki 2007). Tal reversão é utilizada até os dias de hoje, apenas nas épocas de chuvas, com máximas nos meses de dezembro a março como alternativa de controle de cheias, colaborando consideravelmente para o comprometimento da qualidade de suas águas, dificultando a sua desejada recuperação (Capobianco, Whately 2002). Apesar disso, muitos pescadores foram atraídos para a represa (Minte-vera 1997) e no ano de 2005 foi fundada a Associação de Pescadores Artesanais da Represa Billings (Aparbillings), sendo conselheira da Área de Proteção Ambiental (A.P.A.) Bororé-Colônia que é uma Unidade de Conservação (U.C.) criada pela lei municipal nº 14.162 de 24 de maio de 2006 (Santos 2007). Localizada na zona sul do município de São Paulo, ocupando uma área de 90 km², onde tem, entre outros, como objetivo a proteção das sub-bacias hidrográficas do Taquacetuba e Bororé, contribuintes do Reservatório Billings (São Paulo 2006).

De um modo geral o ambiente aquático tem sido usado há décadas como depósito de dejetos produzido pelo homem (Fúria 2005). No caso da Represa Billings, as águas apresentam eutrofização; concentração de metais pesados, presença de microorganismos patogênicos (Capobianco; Whately 2002) e algas potencialmente tóxicas, como a *Cylindrospemopsis raciboskii*, que produz uma toxina que provoca danos no fígado e rins (Capobianco; Whately 2002, Cetesb 2008), além de toxicidade pela presença de cobre, fósforo e o aumento da condutividade (Cetesb 2008). Como resultante os peixes da Represa Billings representam problema de saúde pública por apresentarem contaminação por chumbo, cromo, mercúrio e zinco, tanto nas vísceras como na musculatura, com teores que ultrapassam os níveis máximos permissíveis, estabelecidos pela Legislação brasileira e internacional (Rocha et al. 1985), podendo ser nocivos à saúde humana (Cetesb 2008a; 2007b).

Nos peixes, um dos órgãos afetados são as brânquias, por apresentarem uma grande área de exposição e sendo as principais portas de entrada para a grande maioria dos poluentes (Fúria, 2005). Esperando-se, portanto, que haja vários tipos celulares no epitélio, que se adaptem, se modifiquem e se especializem, para responder às variações ambientais de forma satisfatória ao organismo conservando algumas funções fisiológicas (Leonardo et al. 2001, Santos et al. 2007, Machado 1999).

Esses órgãos são estruturas vitais para a saúde dos peixes, pois, além de serem o principal local de trocas gasosas, também estão envolvidos nos processos de osmorregulação,

equilíbrio ácido básico, excreção de compostos nitrogenados e desempenham, ainda, a função de órgão sensorial da gustação (Leonardo et al. 2001, Santos et al. 2007). Histologicamente, o epitélio de revestimento branquial é representado por cinco principais tipos celulares: células pavimentosas, células mucosas, células de cloro, células não diferenciadas e células neuroepiteliais (Lichtenfels 1996).

As tilápias do Nilo, assim como a grande maioria dos teleósteos, apresentam quatro arcos branquiais de cada lado da cabeça. Cada arco é composto por lamelas primárias e que se dividem em lamelas secundárias. São essas últimas as responsáveis pelas funções exercidas pelas brânquias, em especial pela troca gasosa. O epitélio das lamelas primárias é composto por células que não exercem funções respiratórias, sendo normalmente estratificado, com uma média de quatro a dez camadas celulares. Já o epitélio das lamelas secundárias é composto por células adaptadas à troca gasosa, sendo altamente vascularizado e sendo constituído de duas camadas de células epiteliais separadas das células pilares por uma membrana basal (Fúria 2005).

Contudo, tornam-se órgãos chave para a ação dos poluentes existentes no meio aquático (Santos et al. 2007) podendo se manifestar em vários níveis de organização biológica, incluindo disfunções fisiológicas e alterações estruturais. Estas respostas biológicas ao estresse provocado pelos poluentes podem ser utilizadas para identificar sinais iniciais de danos aos peixes e podem ser denominadas biomarcadores (Lupi et al. 2007, Winkaler et al. 2001). Estes biomarcadores são excelentes ferramentas para monitorar a saúde do ecossistema aquático e têm sido incluídos em vários programas modernos de monitoramento ambiental de países desenvolvidos (Winkaler et al. 2001). Atualmente, são utilizados extensivamente para documentar e quantificar tanto a exposição quanto os efeitos de poluentes ambientais. Como monitores de exposição, estes têm a vantagem de quantificar apenas poluentes biológicos disponíveis. Como monitores de efeitos, os biomarcadores podem integrar efeitos de múltiplos estressores e auxiliar na elucidação dos mecanismos de ação (Winkaler et al. 2001).

Na Represa Billings, correspondente a Área de Proteção Ambiental Bororé-Colônia, a principal espécie capturada, segundo os pescadores é a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

A Tilápia do Nilo ou Nilótica é uma espécie originária dos rios e lagos africanos, sendo introduzida no Brasil em 1971 (Conte 2002), e no Estado de São Paulo, em 1973 (Galli; Torloni 1999). Sua introdução na aquicultura nacional apresenta-se bastante promissora pois a Tilápia do Nilo com aproximadamente 37% de porção comestível, é atualmente, a espécie de maior volume de produção da piscicultura, com produção estável e aceitação por parte do consumidor, sendo considerada “o novo pescado branco” além de apresentar características produtivas, como a resistência ao manuseio e transporte, pouca susceptibilidade a doenças parasitárias, arraçoamento fácil e econômico (Biato 2005). De coloração cinza-azulada (Galli;

Torloni 1999), possui corpo alto e curto, cabeça e cauda pequenas, facilmente reconhecida pelas listras verticais presentes na nadadeira caudal (Falone 2007).

A análise histológica das brânquias da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) provenientes da Represa Billings tem grande importância para avaliar o impacto da poluição aquática sobre os animais por meio de aspectos adaptativos na sua biologia, uma vez que, essa espécie, é utilizada para o consumo humano. O projeto teve como objetivo evidenciar possíveis alterações morfológicas nas brânquias da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) decorrentes da ação dos poluentes da Represa Billings.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se cinco Tilápias do Nilo (*O. niloticus*), machos e fêmeas, com média de peso de 166 gramas \pm 53,66 provenientes da Represa Billings no município de São Paulo correspondente a Área de Proteção Ambiental Bororé-Colônia. Tais animais foram pescados com rede de espera malha número 8 com auxílio de um barco a motor acompanhado por um pescador da Associação dos Pescadores Amadores da Represa Billings (aparbillings). No mesmo local da retirada dos peixes, coletaram-se amostras da água da superfície e a um metro de profundidade para avaliação do pH por meio de um pHmetro MARCONI PA 200. Além de geo-referenciar o local da pesca por meio da utilização do aparelho GPS.

Foram utilizados, ainda, cinco animais considerados grupo controle, provenientes da piscicultura comercial Royal Fish, com tanques situados na região do município de Itupeva, SP, machos (revertidos), com média de peso de 55,62 gramas \pm 15,39. Foi analisado o valor do nitrito, nitrato e da amônia da água por meio do teste Tetratest[®], além do fosfato pelo método de ácido ascórbico, pH com aparelho digital e o O₂ dissolvido pelo método de Winkler.

Realizaram-se medidas do comprimento total e comprimento padrão (comprimento total menos a nadadeira caudal) de todos os animais provenientes da Represa Billings e do grupo controle.

Posteriormente todos os animais, manipulados experimentalmente, foram anestesiados com benzocaína 2% e seccionados na medula espinhal transversalmente para a retirada do material histológico. Foram retirados os dois arcos branquiais centrais, identificados e fixado em McDowell gelado, (glutaraldeído 1% e formol 4% em tampão fosfato pH 7.4) (Mcdowell; Trump 1976). Após a retirada do fixador McDowell, o material foi submetido ao procedimento de desidratação alcoólica e submetido à historresina LEIKA[®] (Glicol Metacrilato). Sendo transferido para estufa à 40°C onde permaneceu até o endurecimento.

O material foi cortado em micrótomo (Jung[®]), com navalhas de vidro, com cortes histológicos de 3 μ m de espessura e corados em Azul de Toluidina e Fucsina com o tempo de um minuto e 30 segundos e 45 segundos, respectivamente. A seguir, as lâminas foram fotografadas em fotomicroscópio no aumento de 400x e 1000x, sendo que cada animal foi

representado por 20 imagens fotográficas para cada magnitude de ampliação óptica e analisadas.

Após a digitalização das lâminas, estas foram submetidas a um programa específico de mensurações de área, Image J[®], na qual analisou o comprimento e a largura das lamelas secundárias, além da área das células de cloro. Os campos de análise das imagens foram escolhidos aleatoriamente, sendo substituído em casos de dobramento de lamelas ou apresentando outros artefatos histológicos que pudessem acarretar numa incorreta interpretação dos aspectos morfológicos estudados. Foram mensurados para cada animal estudado, 50 comprimentos e 100 larguras das lamelas secundárias na magnitude de ampliação óptica de 400x e 25 áreas das células de cloro na magnitude de ampliação óptica de 1000x. Com as mensurações foram feitas as médias dos valores para a análise estatística e descritiva dos animais.

As brânquias foram analisadas em relação às possíveis alterações estruturais de acordo com critérios estabelecidos pelo método de Poleksic e Mitrovic-Tutundzic (1994), decorrentes da exposição a águas eutrofizadas. O método consiste de uma classificação para as alterações estruturais em peixes de água doce, onde, no primeiro critério, as alterações foram classificadas, quanto a sua localização e tipo. No segundo critério, avaliou-se o grau de severidade das lesões (dividido em três estágios), em que o primeiro estágio representa alterações que facilmente são corrigidas como hiperplasia, hipertrofia e infiltrações de leucócitos; o segundo estágio são alterações que levam a um comprometimento das funções do tecido branquial, mas ainda possíveis de recuperação como proliferação de células de muco e de cloro, presença de células de bastonete, parasitas branquiais, alterações de vasos sanguíneos e hemorragias; já o terceiro estágio são alterações irreversíveis podendo levar a morte do indivíduo como necrose e fibrose.

Baseado nos dois critérios, os autores propuseram uma fórmula que permite quantificar essas alterações e que foi adaptada às necessidades do presente trabalho. Tal fórmula assume empiricamente que a cinética das alterações observadas tem um crescimento exponencial, determinando valores correspondentes para cada um dos três estágios de alterações, descrita a seguir:

$$I = \sum_{i=1}^3 a_i + 10 \sum_{i=1}^6 b_i + 10^2 \sum_{i=1}^2 c_i$$

Em que:

- (I) o grau de alterações em uma única brânquia
- (a) primeiro estágio de alterações
- (b) segundo estágio de alterações
- (c) terceiro estágio de alterações

Com o cálculo de “I” ou índice de alterações histológicas (IAH), torna-se possível a comparação do grau de alterações histológica teciduais em diferentes situações de poluição e em grande número de peixes e, ainda, permite a correlação da intensidade das alterações encontradas com a intensidade da poluição à qual o animal está exposto.

Para a análise da proliferação de células de muco, as lâminas foram submetidas à coloração de PAS (ácido periódico- Schiff) seguindo o procedimento do fabricante (Sigma-Aldrech[®]) e para a diferenciação de leucócitos submeteu-se as lâminas na coloração de Rosenfeld (1 minuto) misturando em seguida com água fervida.

Foram feitas as análises estatísticas dos dados obtidos por meio do teste T de student, que foi aplicado com o uso do software Excel do Microsoft[®] Office. Analisou comparativamente as medidas por meio do coeficiente de variação. Esses testes estatísticos foram utilizados tanto nas análises morfométricas como para as análises qualitativas, comparando-se as médias obtidas entre os animais provenientes da Represa Billings e os animais provenientes da Piscicultura Royal Fish. Todas as análises estatísticas que obtiveram o resultado $p < 0,05$ foram consideradas significantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as análises biométricas, a média do comprimento total e o comprimento padrão dos peixes provenientes da Represa Billings (23°47'16.45" S; 46°36'00.88" O) foram de 21,10 cm ($\pm 2,33$) e 17,50 cm ($\pm 1,87$), respectivamente. A média dos peixes provenientes da piscicultura Royal Fish foram de 14,4 cm ($\pm 1,52$) para o comprimento total e 11,8 cm ($\pm 1,15$) para o comprimento padrão.

Com a mensuração de comprimento e largura de lamelas secundárias de todos os animais em estudo, obtiveram-se as médias que podem ser verificadas na Tabela 1.

Tabela 1. Médias observadas no comprimento e largura das lamelas secundárias de *O. niloticus* provenientes da Represa Billings e da Piscicultura Royal Fish. Medidas em μm

Peixe	Represa Billings		Piscicultura Royal Fish	
	Comprimento	Largura	Comprimento	Largura
1	130,65	17,97	120,65	22,35
2	149,21	19,47	139,21	20,73
3	132,61	18,41	122,61	18,98
4	134,84	22,14	124,84	17,25
5	130,54	17,66	120,54	26,57
Média Geral	135,57	19,13	125,57	21,18
Desvio Padrão	$\pm 7,82$	$\pm 1,82$	$\pm 7,82$	$\pm 3,57$

Verifica-se que na comparação entre o comprimento e a largura das lamelas secundárias dos animais provenientes da Represa Billings não apresentaram diferença estatística com o grupo dos animais provenientes da piscicultura Royal Fish.

Mcdonald; Wood (1993) justificam que a ausência de diferenças significativas decorre da recuperação e aclimação dos tecidos, caracterizado por um aumento na atividade mitótica e troca dos componentes celulares, portanto, pode-se justificar os resultados encontrados nesse estudo como uma forma de adaptação dos animais aos poluentes encontrados na Represa Billings.

As médias observadas das mensurações da área da célula de cloro dos cinco animais provenientes da Represa Billings e dos cinco animais provenientes da Piscicultura Royal Fish podem ser observadas na Tabela 2.

Tabela 2. Médias observadas na área das células de cloro de *O. niloticus* provenientes da Represa Billings e Piscicultura Royal Fish

Peixes	Represa Billings (μm^2)	Piscicultura Royal Fish (μm^2)
1	1289,35	1180,82
2	1531,16	977,69
3	1438,59	1153,55
4	1059,19	951,49
5	1166,95	1048,23
Média	1297,05	1062,36
Desvio Padrão	$\pm 192,62$	$\pm 102,48$

A média da análise morfométrica da área de cloro não se mostraram diferentes estatisticamente para os peixes da Represa Billings e os peixes da piscicultura Royal Fish, o que pode estar relacionado a adaptação desses peixes ao meio.

Foi verificado ao se realizar a análise microscópica, a presença de eosinófilos e basófilos nos cortes histológicos dos animais provenientes da Represa Billings (Figura 1a) o que não foi encontrado no grupo controle. Os eosinófilos têm como principal produto grânulos específicos e substâncias farmacologicamente ativas e suas funções principais são a de defesa contra helmintos parasitas e modulação do processo inflamatório. Já os basófilos, possuem como principal produto grânulos específicos contendo histamina e heparina e têm como principal função a liberação de histamina e outros mediadores da inflamação (Junqueira; Carneiro 2004). Os resultados verificados, podem indicar que os peixes provenientes da Represa Billings estão sofrendo um quadro de alergia (inflamação).

Observou-se, ainda, comparando-se com o grupo controle, acentuada hiperplasia multifocal, ocorrendo, em alguns pontos, fusão lamelar (Figura 1b). Essa alteração ocorre no tecido intrafilamentar, segundo Lichtenfels (1996), pelo motivo da lamela respiratória não conter essencialmente nenhum tecido conectivo. Uma sobrecarga funcional de determinadas estruturas teciduais pode representar uma hiperplasia, mostrando, portanto, uma forma de

crescimento adaptativo (Potel 1974), uma vez que é um mecanismo típico de defesa com a função de aumentar a distância de difusão poluente-sangue. A hiperplasia pode levar a fusão entre duas ou mais lamelas secundárias, dificultando as trocas gasosas por determinar uma redução na área respiratória total (Rudnicki 2004).

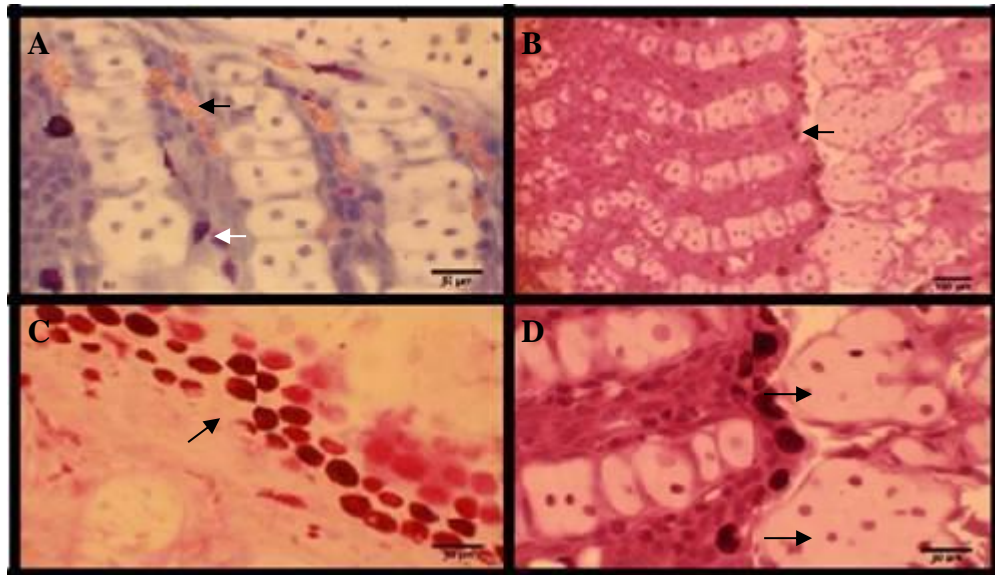
A hiperplasia e a fusão lamelar foram também observadas em estudos envolvendo brânquias de peixes contaminados com metais como o cobre, o cádmio e o mercúrio (Rudnicki 2004). Tais metais são encontrados na Represa Billings, segundo Cetesb (2008), porém dentro dos níveis aceitáveis pelos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05, apesar dos níveis encontrados de cobre serem capazes de causar efeitos tóxicos.

Essas alterações também estão relacionadas, segundo Arana (2004) ao aumento de concentração de amônia não ionizada (NH_3) que são tóxicas para os organismos aquáticos. As análises da Cetesb (2008) constata que no mês de janeiro de 2007 as concentrações estavam acima dos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05. Contudo, afirma-se que os animais provenientes da Represa Billings estão em contato direto com diferentes metais pesados, além do NH_3 , que apesar de estarem no limite estabelecido pelo CONAMA 357/05, causa-lhes uma resposta morfológica.

Destaca-se uma proliferação de células de muco (Figura 1c) em alguns pontos na base da lamela secundária, quando comparada ao do grupo controle. O muco tem um papel relevante, uma vez que na sua constituição encontra-se imunoglobulinas e enzimas que lhe conferem uma função bactericida e de neutralização de microorganismos. Um aumento da taxa de produção tem como finalidade a renovação da camada de muco onde substâncias tóxicas e microorganismos são agregados (Lichtenfels 1996). Portanto uma camada de muco mais espessa pode atuar como um filtro, coagulando e precipitando partículas e microorganismos em suspensão e, assim, minimizando os danos a lamela, permitindo afirmar que os peixes da Represa Billings estão sofrendo os efeitos da poluição.

Verificou-se a presença de alterações de vasos sanguíneos (aneurisma) na lamela secundária (Figura 1d) e primária, o que não ocorreu no grupo controle. O aneurisma no tecido branquial provavelmente resulta da morte das células pilares resultando na perda da integridade estrutural da lamela secundária e acúmulo de células sanguíneas. Aneurismas similares têm sido observados no tecido branquial de peixes expostos a contaminantes incluindo cádmio e cobre (Rudnicki 2004).

Figura 1. Fotomicrografia da lamela secundária da brânquia de Tilápia do Nilo proveniente da Represa Billings. **A.** seta preta indica a presença de eosinófilos; a seta branca indica a presença de basófilos. Coloração Rosenfeld. **B.** seta indica hiperplasia das células epitelial lamelar resultando em fusão das lamelas secundárias. Coloração Azul de Toluidina/ Fucsina. **C.** seta indica proliferação de células de muco. Coloração PAS/ Hematoxilina. **D.** setas indicam aneurismas. Coloração Azul de Toluidina/ Fucsina.



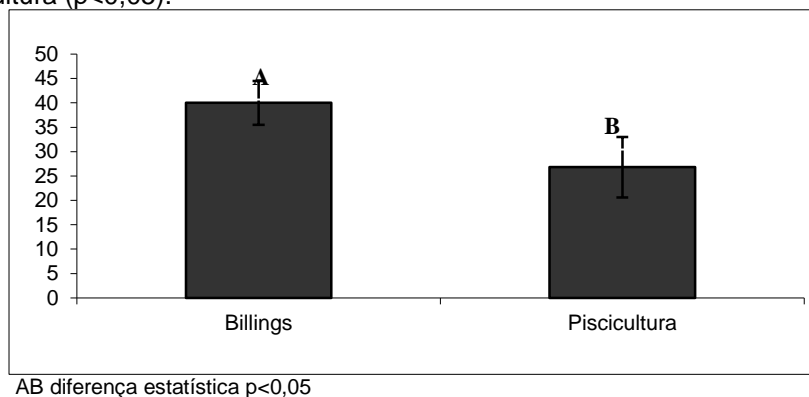
Foi observado, ainda, a presença de células de bastonetes (*Rodlet cells*), que são células exclusivas de teleostes, porém não são facilmente encontradas (Mendonça et al. 2005). Estas células foram encontradas, nos peixes provenientes da Represa Billings, na base da lamela primária das brânquias e próximas aos vasos sanguíneos. Apesar de não estar comprovado as funções e significados dessas células, o motivo de encontrar poucas células de bastonetes (*Rodlet cells*) no grupo controle, permite relacionar essas células com resposta imunológica a fatores estressantes decorrentes da eutrofização, concordando com Nowak et al. (2004). Portanto, afirma-se que os animais provenientes da Represa Billings estão respondendo imunologicamente a fatores estressantes.

Com índice de alteração histológica (IAH) notou-se modificações estruturais dos animais provenientes da Represa Billings e provenientes Piscicultura Royal Fish, verificado na Tabela 3 e comparados na Figura 2.

Tabela 3. Índice de alterações histológicas (IAH) de *O. niloticus* provenientes da Represa Billings e Piscicultura Royal Fish.

Peixes	Represa Billings	Piscicultura Royal Fish
1	42	32
2	42	20
3	42	20
4	32	31
5	42	31
Média	40	26,8
Desvio Padrão	±4,47	±6,22

Figura 2. Índice de alterações histológicas (I.A.H.) de *O. niloticus* provenientes da Represa Billings e Piscicultura ($p < 0,05$).



Observou-se diferença estatística significativa entre os dois grupos ($p < 0,05$), pois animais expostos à poluição obtiveram média de I igual a 40 sendo considerado, segundo Poleksic; Mitrovic-Tutundzic (1994), brânquias com alterações fortes, enquanto o grupo proveniente da piscicultura está classificado como alterações moderadas. Não foram encontrados alterações de terceiro estágio, alterações que, segundo Fúria (2005) podem levar dias ou até mesmo meses para ocorrerem, o que permite afirmar que os animais do Reservatório Billings estão se adaptando morfológicamente ao meio uma vez que estes peixes estão em contato permanente com águas eutrofizadas ao longo de muitas gerações.

O pH é um parâmetro muito importante a ser considerado em aquicultura, já que possui um profundo efeito sobre o metabolismo e processos fisiológicos de peixes. O pH também exerce uma forte influência sobre a toxicidade de certos parâmetros químicos, tais como a amônia não ionizada, que se torna mais abundante em pH alcalino, e o ácido sulfídrico (H_2S), que aumenta proporcionalmente em pH ácido (Arana 2004). Verificou-se o pH da superfície e a um metro de profundidade do local da coleta dos animais na Represa Billing, onde obteve o resultado de 7,8 e 8,2 respectivamente. Tais índices estão de acordo com a Cetesb (2008), que estabeleceu uma média de pH de 7,4 e segundo Arana (2004), esses valores são os mais adequados para a produção de peixes. Os parâmetros da análise físico-química da água da Piscicultura Royal Fish obtidos foram: nitrito 0,25-0,50 (N)/L; nitrato 0-12,5 mg/L; amônia 0-0,5 ppm; pH 5,6 e; O_2 dissolvido 7,0 mg/ L. O valor do pH está um pouco abaixo dos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/05, onde o valor ideal é de 6-9 segundo CONAMA 357/05 (Cetesb 2008).

A Cetesb desenvolve um estudo de monitoramento das águas do Estado de São Paulo, onde vários sítios na Represa Billings foram amostrados. Com os dados, desenvolve o Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo, o qual revelou que o índice de qualidade das águas para a proteção da vida aquática (I.V.A.) é de 5.17, classificada como ruim, tendo uma piora em relação a 2006. Destacou-se, também, o índice de estado trófico (I.E.T.) que tem uma média anual de 60.71 sendo classificada como Eutrófica (Cetesb 2008).

Tal relatório revela, ainda, um efeito tóxico crônico e agudo das amostras testadas, mostrando que as águas do Reservatório Billings estão bastante comprometidas em termos ecotoxicológicos (Cetesb 2008).

Com um ambiente tão adverso para os peixes, é improvável que as alterações histológicas encontradas nos animais provenientes da Represa Billings sejam atribuídas a poluentes individuais, mas sim, ao um conjunto de fatores que inclui não só a quantidade de poluentes encontrados, mas também a diversas interações ecológicas (Lichtenfels 1996).

CONCLUSÃO

Conclui-se que as Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) apresentaram alterações histológicas importantes em suas brânquias decorrentes da grande quantidade de poluentes encontrados na Represa Billings. Contudo, a ausência de danos do terceiro estágio (alterações graves), permite concluir que esses animais têm grande capacidade de adaptação ao meio e suas brânquias são importantes biomarcadores ambientais.

REFERÊNCIAS

- Andrade AAS. Análise da eficiência da várzea do Ribeirão Parelheiros na melhoria de qualidade das águas que afluem à Represa do Guarapiranga, São Paulo [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2005.
- Arana LV. Princípios Químicos de Qualidade da Água em Aqüicultura: uma revisão para peixes e camarões. 2. ed. Santa Catarina:UFSC; 2004. 65- 69p.
- Biato DO. Detecção e controle do off flavor em tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*), por meio de depuração e defumação [tese]. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2005.
- Capobianco JPR, Whately M. Billings 2000: Ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo. São Paulo: Instituto Socioambiental; 2002.
- Cetesb. Governo do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2007. São Paulo. 2008. 540p.
- Cetesb. Governo do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2006. São Paulo. 2007. 327p.
- Conte L. Produtividade e economicidade da tilapicultura em gaiolas na região sudoeste do estado de São Paulo: estudos de casos [tese]. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2002.
- Falone SZ. Desenvolvimento de métodos para a determinação do hormônio 17 α -metiltestosterona em amostras de água e de sedimentos de piscicultura: ensaios ecotoxicológicos com cladóceros [tese]. São Carlos: Universidade de São Paulo; 2007.
- Fúria RR. Efeito da fração solúvel em água do mar do petróleo e do diesel sobre a morfologia das brânquias de *Trachinotus* sp (Perciformes: Carangidae) [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2005.
- Galli LF, Torloni CEC. Criação de peixes. São Paulo: Nobel; 1999.
- Junqueira LC, Carneiro J. Histologia Básica. 10. ed. Rio de Janeiro:Guanabara Koogan; 2004. 223- 237p.
- São Paulo. Secretaria do Governo Municipal. Lei nº 14.162, de 24 de maio de 2006.Cria a unidade de conservação Área de Proteção Ambiental Municipal Bororé- Colônia. São Paulo; 2006. 15p.
- Leonardo JMLO et al. Histologia das brânquias de larva da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), de origem tailandesa, submetidas a diferentes níveis de vitamina C. Acta Scientiarum. 2001;23(4):863-870.

- Lichtenfels AJEC et al. Effects of water pollution on the gill apparatus of fish. *J Comp Path.* 1996;115:47-60.
- Lupi C, Nhacarini NI, MAZON AF, SÁ OR. Avaliação da poluição ambiental através das alterações morfológicas nas brânquias de *Oreochromis niloticus* (tilápia) nos córregos do retiro, consulta e Bebedouro, município de Bebedouro- SP. *Rev Fafibe on Line.* 2007;3.
- Machado MR. Uso de brânquias de peixes como indicadores de qualidade das águas. *Ciênc. Biol. Saúde.* 1999;1(1):63-76.
- Matsuzaki M. Transposição das águas do braço Taquacetuba da Represa Billings para a Represa Guarapiranga: aspectos relacionados à qualidade de água para abastecimento [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2007.
- Mcdonald DG, Wood CM. Branchial mechanisms of acclimation to metals in freshwater fish. *Fish Ecophys.* 1993;295-319.
- Mcdowell EM, Trump BF. Histologic fixatives suitable for diagnostic light and electron microscopy. *Arch Pathol Lab Med.* 1976;100:405-14.
- Mendonça I et al. Rodlet cells from the gills and kidneys of two brazilian freshwater fishes: an ultrastructural study. *Braz J Morphol Sci.* 2005;187- 192.
- Minte-vera CV. A Pesca Artesanal no Reservatório Billings (São Paulo) [Tese]. Campinas: Universidade de Campinas; 1997.
- Nowak BF et al. Gill histopathology of wild marine fish in Tasmania: potential interactions with gill health of cultured Atlantic Salmon. *Salmo Solar L.J. Fish Dis.*2004;709-717.
- Poleksic V, Mitrovic-tutundzic V. Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution. Müller, R. & R. Lloyd. *United Nation: Sublethal and chronic effects of pollutants on freshwater fish.* 1994; 339-352.
- Potel K. *Tratado de Anatomia Patológica General Veterinária.* España:Acribia; 1974. 278p.
- Rocha AA, Pereira DN, Pádua, HB. Produtos de Pesca e Contaminantes Químicos na Água da Represa Billings, São Paulo (Brasil). *Ver Saúde Publ.* 1985; 19:401-10.
- Rudnicki CAM. Análise Qualitativa e quantitativa das Histopatologias causadas pelo Organofosforado Azodrin® 400 sobre o tecido branquial do peixe de água doce *Piaractus mesopotamicus* (HOLMBERG, 1887) após exposição subletal [tese]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2004.
- Santos R.M. A Evolução da paisagem paulistana e a APA Bororé- Colônia. In: *Curso de capacitação em meio ambiente.* 2007; São Paulo.
- Santos SG et al. Alterações histológicas em brânquias de tilápia nilótica *Oreochromis niloticus* causadas pelo cádmio. *Arq Bras Méd Vet Zootec.* 2007; 59(2):376-381.
- Winkaler EU et al. Biomarcadores histológicos e fisiológicos para o monitoramento da saúde de peixes de ribeirões de Londrina, Estado do Paraná. *Acta Scient.* 2001; 23(2):507-514.